

Кончаковский Илья Владиславович, студент .

Научные руководители: Черменский Владислав Иванович, проф., канд. техн. наук

Харчук Михаил Дмитриевич, доц., канд. техн. наук

ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ОТЛИВКИ НА ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ЛИНЕЙНОГО РАСШИРЕНИЯ СУПЕРИНВАРА 32НКБЛ

В области сплавов с заданным температурным коэффициентом линейного расширения (ТКЛР) успешно разрабатывается новое научно-техническое направление, связанное с исследованием и производством инварных и суперинварных сплавов литейного назначения. Это дает возможность при помощи различных методов литья изготавливать сложнопрофильные и крупногабаритные детали, производство которых из деформируемых сплавов того же класса было затруднено или не представлялось возможным.

Исследования литейных инваров и суперинваров, направленные на улучшение их служебных свойств и увеличение диапазона применения, продолжаются. Среди вопросов о роли различных физико-химических и технологических факторов в обеспечении минимальных значений ТКЛР до сих пор нет полной ясности в понимании механизма влияния скорости охлаждения отливок на ТКЛР. Получению экспериментальных данных по этому вопросу и посвящена настоящая работа.

В качестве объекта исследования был взят промышленный суперинварный сплав 32НКБЛ, который в настоящее время наиболее востребован в производстве термостабильных деталей изделий новейшей техники. Сплав выплавляли на стандартных шихтовых материалах в промышленной индукционной печи ИСТ-0,04 и заливкой из одного ковша получили 3 отливки: пруток диаметром 5 мм (литье всасыванием в кварцевую трубку), слитки диаметрами 40 и 80 мм (литье в песчано-глинистые формы). Судя по условиям литья и приведенной толщине стенки отливок (составляющей четверть диаметра) наибольшая скорость охлаждения была у прутка, наименьшая – у слитка диаметром 80 мм, промежуточное значение имела скорость охлаждения слитка диаметром 40 мм. Из полученных отливок были вырезаны образцы для dilatометрического и металлографического анализа, на этих же образцах была осуществлена запланированная термическая обработка. Химический состав сплава приведен в таблице.

Элемент	Ni	Co	Mn,	Si	C	Fe
Масс. %	32,3	3,80	0,17	0,10	0,006	ост.

После литья в образцах отливок диаметром 5, 40 и 80 мм средние значения ТКЛР, измеренные в интервале температур 20-100°C составили $0,78 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, $1,25 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ и $1,34 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ соответственно. В первом образце субструктура была дендритная, во втором и третьем – дендритно-ячеистая, а средние размеры зерен при этом составляли 58, 440 и 1240 мкм соответственно.

После термообработки - 845°C, 1 час, охлаждение на воздухе – значения ТКЛР в исследуемых образцах составили $0,67 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, $1,09 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ и $0,96 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ соответственно, субструктура и размеры зерна не изменились.

После высокотемпературного отжига тех же образцов по режиму 1000°C, 1 час, охлаждение с печью значения ТКЛР составили $1,15 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, $1,68 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ и $1,35 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ соответственно. Субструктура сохранилась, размеры зерен были следующими: в образце отливки диаметром 5 мм – 56 мкм, в образце отливки диаметром 40 мм – 750 мкм и в образце отливки диаметром 80 мм – 1440 мкм.

В заключение экспериментального цикла термообработки была проведена закалка образцов от 840°C в воде, соответствующие значения ТКЛР составили $0,80 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$, $1,22 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$ и $0,95 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$.

На основе представлений о структурно-концентрационной неоднородности инварных и суперинварных сплавов, о влиянии термических, в том числе литейных напряжений на ТКЛР этих сплавов предпринята попытка интерпретации полученных результатов.

При одинаковом химическом составе и полном снятии литейных напряжений значения ТКЛР во всех трех образцах не стали равными между собой. Этот факт свидетельствует в пользу того, что причиной разных значений ТКЛР при разных скоростях охлаждения отливки является не только разное напряженное состояние, но и разная структура или, точнее, структурно-концентрационная неоднородность.

Результаты проведенных исследований подтвердили представление о том, что структурно-концентрационная неоднородность литых суперинварных сплавов оказывает существенное влияние на их тепловое расширение. Как известно, степень внутрикристаллитной ликвации с уменьшением скорости охлаждения должна постепенно возрастать, оставаться неизменной в некотором диапазоне скоростей, а затем падать вниз. Данная теория достаточно убедительно показывает причину различия ТКЛР после высокотемпературного отжига у образцов отливок, затвердевших при разных скоростях.

Известно, что увеличение микроликвации никеля с уменьшением скорости охлаждения реальной отливки приводит к росту ТКЛР до недопустимых значений. При дальнейшей разработке изделий, имеющих разную толщину стенки, этот фактор должен учитываться как один из главных. В соответствии с этим возникает необходимость корректировки химического состава, и эту корректировку можно проводить, лишь опираясь на достоверное представление о механизме влияния микроликвации никеля и других компонентов инварных и суперинварных сплавов на ТКЛР.

Полученные результаты противоречат известному утверждению, согласно которому ТКЛР является структурно-нечувствительным параметром металлического сплава.